Q. F. F. Q. S.

DISSERTATIO INAUGURALIS PHYSICO-ANATOMICA *DE* MOTU MUSCULORUM

Quam

Consensu Gratiosissimi & Amplissimi

Medicorum Ordinis

In Universitate Patriâ

Pro summis in Arte Medicâ

Honoribus & Privilegiis Doctoralibus

ritè capessendis

Publicè examinandam offert

Ad d. 16. Martij M DC. XCIV.

L. H. Q. S.

JOHANNES BERNOULLI,

Basil.

BASILEÆ,

Typis JOHANN. CONRADI à MECHEL.

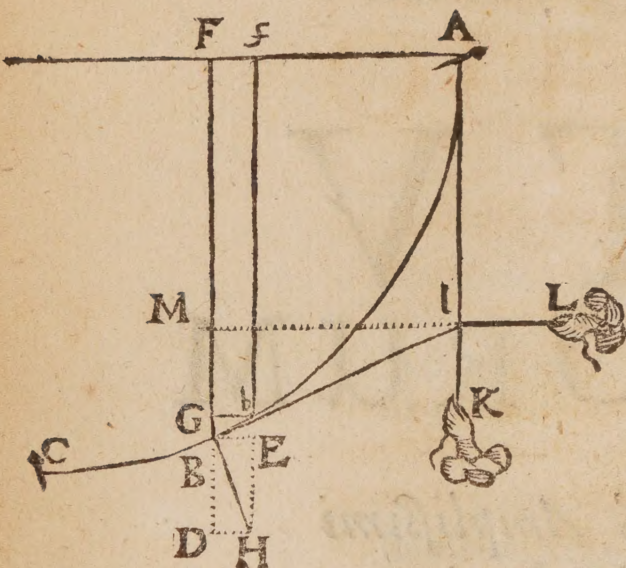
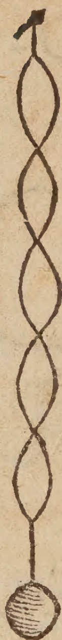
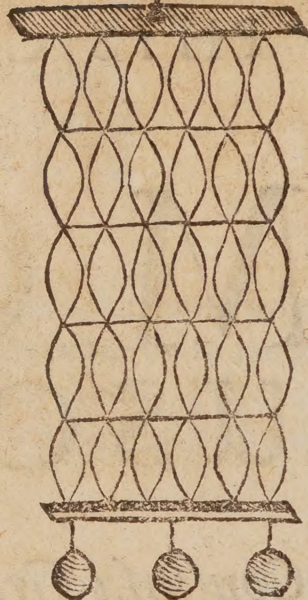
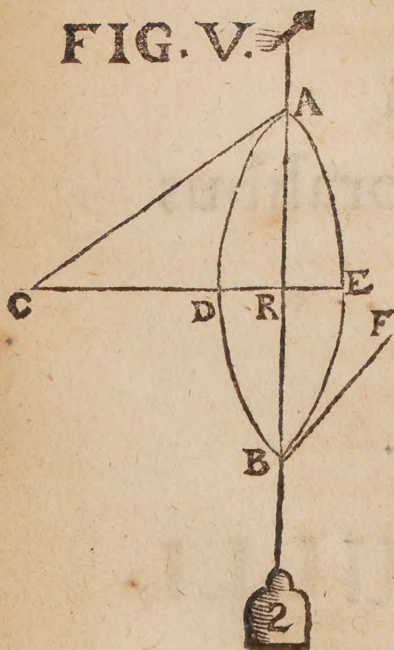
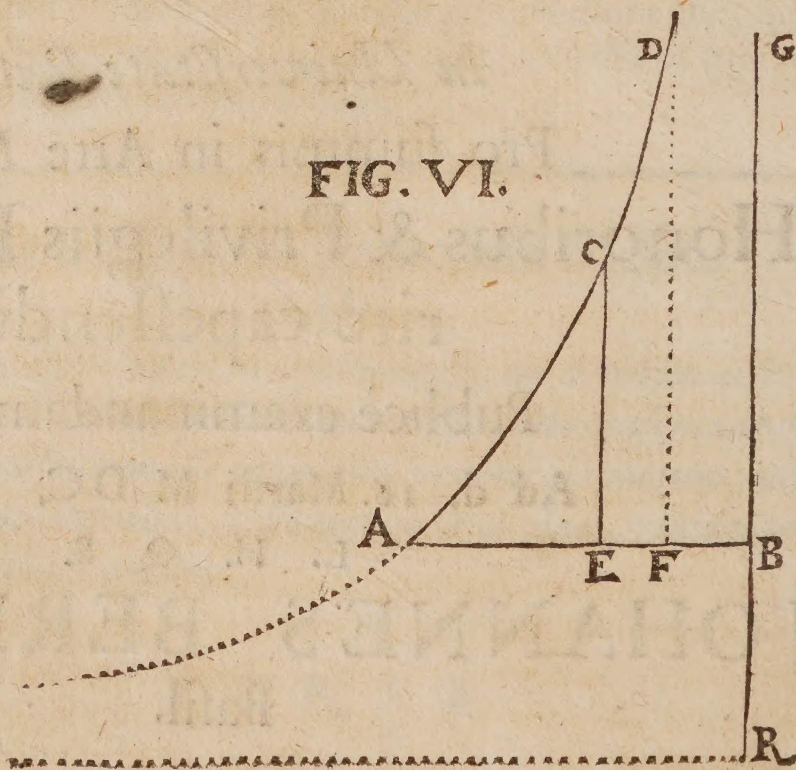

FIG. I.
F
f
A
M
l
L
G
b
K
C
B
E
D
H


FIG. II.


III.


IV.


FIG. V.
A
C
D
R
E
F
B
2


D
G
FIG. VI.
C
A
E
F
B
R





DISSERTATIO
DE
MOTU MUSCULORUM.

PRÆLOQUIUM.



Iu mecum pensitans quamnam corporis humani partem seligerem, cujus functiones quamoptimè ex legibus Mechanicis explicari possent, illam tandem quæ apud Anatomicos sub *musculi* nomine venit dignissimam censui, cùm ob nobilitatem partis ipsius, tum ob evidentiam demonstrationum mathematicarum & quidem ex interiori Geometriâ petitarum, quibus tota quæ de musculo habetur doctrina muniri potest; animus autem non est specialem hîc tradere musculorum descriptionem & anatomiam, hoc utique jam satis superque factum habemus à præstantissimis quibusvis Anatomicis qui hocce in seculo excelluerunt & etiamnum excellunt, nec si liberet angustæ dissertationis spatium permitteret. Institutum nostrum est generalem adumbrare ideam structuræ musculorum quantum nempe necessitas urget ad modum operandi & subsequentes inde motiones animales ritè explicandas; quâ in re Incomparabilis Viri Joh. Alphonsi Borelli vestigiis insistemus, amplectendo ejus hypothesin, quam tamen nimis oscitanter applicuisse ostendemus, quando suis machinulis vel vesiculis fibrarum muscularium figuram rhomboidalem attribuit; ubi simul apparebit, hancce figuram rectilineam præ aliis ipsis assignâsse tum facilitatis ergo, nimirum ut commodiori calculo relationes virium dilatantium ad resistentias supputaret, tum etiam quia justam & debitam figuram (quam circula-

rem eſſe ex naturâ preſſionis liquidorum demonſtrabimus) & quæ exinde emergunt vires diſtendentes non potuit non ignorare absque novo noſtro calculo *integralium* dicto, qui tum temporis profundiſſimâ caligine adhucdum tectus latitabat, cujusque prima ſtamina magno Geometræ Leibnitio debemus. Exhibebimus etiam curvam, cujus ordinatim-applicatis denotantibus reſiſtentias per minima creſcentes abſciſſæ ejuſdem indigitabunt quantitates ſpirituum animalium impenſorum vel deperditorum, id quod Borellus ne quidem apice digitorum tetigit: Hoc ipſum etiam anſam nobis præbebit gradus roboris & laſſitudinum muſculis inductarum determinandi. Tibi Candide Lector noſtrum hoc conamen rudiore & feſtinante manu adumbratûm commendamus, quod ſi non diſplicuerit, impoſterum quando per otium licebit ea quæ impræſentiarum ob plurimas alias diſtractiones neglecta fuêre, duplici fœnore reſarcire adnitemur.

§. I.

QUantum ad ſtructuram Muſculi plerique moderni Anatomici conſentiunt; eam quatenus phænomenis paulo accuratius explicandis conducit hîc breviter exponemus: Muſculus qui eſt pars organica conſtat ex membrana, carne, arteriis, venis, nervis & tendine. Membrana inſtar integumenti totum involvit muſculum, ſub quâ innumeræ conſpiciuntur fibræ colore ſanguineo ſaturatæ; hanc fibrarum compagem communiter carnem vocant, quæ deſinit in ſubſtantiam quandam albicantem conſiſtentiæ nerveæ, quam *tendinem* appellare Anatomici conſueverunt: hic plerumque in principio ſeu capite & fine ſeu caudâ muſculi reperitur; intermediam muſculi partem ventrem nominant. Totam muſculoſam ſubſtantiam perreptant innumeræ arteriæ venæque capillares & nervi, illæ ut ſanguinem tum nutritioni tum motui muſculorum deſtinatum afferant & auferant, hi ut ſuccum ſpirituoſum ſubminiſtrent, qui cum ſanguine miſtus ſubitaneam illam ebullitionem cauſatur, de qua mox fuſius; quique vehiculum eſt ſenſuum externorum & animæ fidelis famulus omnia eidem quæ corpus intra & extra quocunque modo afficiunt annuncians. Notandum porrò muſculum diſpeſci in plures faſciculos quorum quilibet ſuâ propriâ membranulâ munitus formam exhibet priſmatis triangularis, quadrati, pentagonalis, aliúſve generis: Hi faſciculi conſtituuntur ex pluribus filamentis tendinoſis quæ apud Stenonem *fibræ motrices* audiunt;

Elem. Myolog ſpec. def. 1.

fila-

filamenta autem vel fibras hasce esse tendinosas patet ex eo quòd rubedo illa quæ à sanguinis affluxu oritur per aquam confertim affusam iterum ablui fibrisque color omnino candidus reddi possit, ita ut non minus colore quam consistentiâ tendines æmulentur, & reverâ fibræ tendinum nihil aliud sunt quàm continuationes muscularium, inque eo solo differunt quòd illæ arctius quam hæ juxta se ponuntur & proinde sanguinem nisi quantum sufficit ad nutritionem in interstitia sua non admittunt, hinc fit quòd in motu musculorum tendines non inflentur & decurtentur sed merè passivè se habeant.

§. 2. Notat Borellus fibras musculares post elixationem inflari & microscopio inspectas esse cylindrulos similes virgultis arborum, & substantiâ quâdam spongiosâ plenos; ex quo conjicit quamlibet fibram muscularem esse porosam seu excavatam. Cæterùm fibræ fasciculorum colligantur & quasi vinciuntur ab aliis fibrillis transversalibus parallelis quæ cum prioribus texturam reticularem efficere videntur, id quod in musculis diu coctis non sine oblectamento videre est; hasce fibrillas non autem fibras ipsas musculares contractionem inire Cl Dn. Majovv statuit sed minus congruè & contra omnium saniorum Anatomicorum sententiam; Ego nullum alium ipsis attribuo usum quàm ut fasciatione suâ transversali impediant ne fibræ motrices in actu inflationis nimium divaricentur & ex ordinato suo situ disturbentur; sic cavitas cujusque cylindruli vel fibræ motricis distinguitur ope hujus ligaturæ in æqualia internodia, quæ plures cellulas vel vesiculas efformant, quæ vesiculæ flaccidæ sunt & lateribus suis connivent quando musculus otiatur, quæ autem distenduntur quando operatur, & adipiscuntur figuram ovalem similem annulis catenæ, quos Borellus passim *machinulas rhomboidales* nominat sed perperam ut infra ostendam. Obiter adhuc innuendum, ligationes hasce transversales laxas esse, ut omnibus vesiculis communicatio intercedere & vis motiva seu materia inflans æqualiter quaquaversum sese expandere possit.

Lib. de mot. anim. prop. 1. part. I.

Tract. de motu musc. cap. 2.

§. 3. Hactenus memorata præcipua sunt quæ circa fabricam musculi simplicis observantur. Quid autem propriè musculum moveat, varii variè de eo sentiunt, quorum omnium opiniones discutere velle non est ex nostro instituto: Missâ verò veterum facultate incorporeâ naturali muscu-

los immediatè movente, videamus quid unus vel alter hac de re cenſuerit, Dn. Steno in ſuo Myolog. ſpecimine muſculum decurtari arbitratur ſine novæ materiæ acceſſione, nimirum per ſolam mutationem figuræ, commigrando à parallelogrammo obliquangulo in rectius: quæ opinio prorſus ridicula & pro mero luſu ingenii Authoris habenda; præterquam enim quod hoc modo contractio muſculi rectanguli explicari non poſſit niſi penetratio corporis ſtatuatur, concipi nequit, à quo muſculus moveatur & quale ejus ſit primum movens, vel qua ratione tritum illud axioma Phyſicum ſalvetur *Omne quod movetur, movetur ab alio*: vix enim puto ab immediatâ animæ voluntate machinam corpoream huc illuc transferri poſſe, ſecus reſectis aut conſtrictis nervis non video quid muſculos à motu impediret, niſi forſan velis animæ hoc pacto viam eſſe præciſam vel interceptam per quam ex meditullio cerebri ad membra exteriora ſpatiari conſuevit ad imperium ſuum ibi exercendum, ſed hoc foret animam concipere nimis corpoream. Aliis inſuper quamplurimis argumentis evertitur ſyſtema Stenonianum ſuper quo conſulantur Borellus & Majow. Veram ut ſuſpicor cauſam contractionis muſculorum attigerunt, qui illam ab inflatione quadam deduxerunt, inter quos præcipui ſunt Williſius & bini modò citati viri: qui omnes in eo conveniunt, quòd in muſculis oriatur ebullitio, quæ fibras diſtendat ut in longitudine amittant quod in latitudine acquirunt.

Lib. de mot. anim. prop. 5. part. I. *Tract. de mot. muſc. c. 1.* *Exercit. de mot. muſc.*

§. 4. Iis itaque generaliter aſſentimur; & ſtatuimus cum Borello, quod nervi ſint congeries tubulorum ſubſtantiâ quâdam ſpongiosâ repletorum, quæ ſubſtantia ſemper turget & plena eſt ſucco ſummè ſpirituoſo à cerebro ſuppeditato ejus naturæ ut ſi cum ſanguine commiſceatur ſubitaneam effervescentiam pariat: Et hic ſuccus ille ipſe eſt qui vulgo ſpirituum animalium nomen habet. Si anima imperat vel exercet actum volitionis, hoc fieri non poteſt, quin ex neceſſitate mirabilis unionis quam omnipotens inter animam noſtram & corpus conſtituit, & quæ nos hactenus latet & uſque latebit, quin inquam fiat in cerebro localis quædam agitatio ſpirituum animalium vel ſucci ſpirituoſi, qui vellicando principium alicujus nervi concutiat per totam longitudinem ſuccum intra contentum, non ſecus ac fit in baculo, cujus extremita-

te

te unâ vel tantillum commotâ, altera pariter ob contiguitatem partium commovebitur: ſic itaque ab irritatione principii nervi guttula extrema ſucci nervoſi ex altero oſculo levi vibratione ejicitur, & hoc modo ex omnibus aliis nervulorum per muſculum diſperſorum oſculis ſimul ad nutum voluntatis totidem guttulæ evomuntur; quemadmodum autem ſpongia liquore turgida guttulas pendulas effluere non ſinit; ſic etiamſi oſcula iſta extrema nervorum ſemper ſint patula, guttulæ tamen ſucci nervoſi ſponte & ſine actuali concuſſione non excidunt quia ſubſtantia ſpongioſa nervorum eis loco valvularum inſervit.

§. 5. Quando igitur ab imperio voluntatis vel à conſuetudine naturæ (quod fit in motibus involuntariis) eo modo quo dixi innumeræ guttulæ per totam muſculi molem quæ inſtar ſpongiæ perpetuo ſanguine humectata eſt ſimul ejiciuntur ex orificiis nervulorum; tunc earum particulæ ſpirituoſæ ſpiculis ſuis ſubtiliſſimis impingendo in particulas ſanguineas tenuiores eaſdem diffringunt, & inſito aëri condenſato exitum præbent, qui ſeſe expandendo (ut docui in diſſert. meâ de Efferveſc.) ebullitionem & ſubſequentem inde muſculorum inflationem cauſatur. His autem jam video quid objici poſſit, qui nempe fiat ut poſt ebullitionem muſculus iterum detumeſcat & priſtinum ſtatum acquirat id quod momento accidit, videtur enim quòd ſecundùm mea principia pro explicatione efferveſcentiæ poſita muſculus poſt primam ebullitionem perpetuò inflatus manere debeat, non aliter ac factum eſt in experimento pulveris pyrii, ubi ſpatium in tubo recurvato in quod aër inſitus poſt accenſionem pulveris ſeſe extendebat continuò manebat extenſum, nec iterum concidebat eo modo quo credit Borellus accidere in muſculis, in quibus ſcilicet autumat particulas ebullientes rapidiſſimè circumgyrando vacuitates grandiuſculas efformare, quæ poſt peractam ebullitionem iterum concidant & ad priſtinum ſpatium redigantur; ſed hoc non eſſe veram cauſam efferveſcentiæ in dictâ diſſertatione §. 17. abundè commonſtravi.

Diſſert. de Efferv. §. 22.

lib. de mot. anim. prop. 29. part. II.

§. 6. Ut itaque aliter difficultati allatæ obviam eatur noſtraque principia ſalventur; ſtatuamus oportet dari præter aërem craſſum quem ſpiramus, alium ſubtiliorem qui utut etiam elaſticus nullo modo percipi poteſt quippe qui omnes

poros

poros corporum liberè penetrat: suppositionem hanc non adeo absurdum esse patet ex eo quod inter aërem crassiorem & materiam subtilem vel æthercam quæ procul dubio incomparabiliter tenuior est illo, alia utique existat materia & quidem omnium graduum ne detur saltus in rerum naturâ, hæc materia non potest non esse elastica eandem ob causam ob quam est aër athmosphæricus, nempe à continuo motu materiæ ætheréæ, quæ omnes particulas crassiores & minus agitatas tanquam obstaculum à se invicem divellere & separare sibique liberum transitum parare conatur. Hujusmodi itaque materiam vel auram elasticam subtiliorem & quidem condensatam præter aërem crassiorem qui insigniores corporum poros vel cellulas replet, etiam in minimis claustris hospitari nemo dubitabit, qui nostras rationes quas in Dissert. de Efferv. attulimus bene perpenderit. Hoc præsupposito dicimus, quòd particulæ succi spirituosi nervorum adeo sint subtiles, delicatæ & teneræ, ut earum spicula quæ ad levissimum tactum statim hebetantur (ceu patet ex sapore succi nervosi qui cùm ob debilitatem horum spiculorum linguales papillulas vellicare nequeat omnino dulcis apparet) ut non nisi minimos particularum sanguinearum porulos aperire valeant, ex quibus dein subtilior illa aura elastica condensata prosilit, quæ sui juris facta sese subitò expandit & primo impetu totam musculi molem inflat, sed illicò ob exiguitatem summam particularum suarum per poros apertos musculi liberè erumpit inque aërem externum avolat, propterea necesse est ut post ebullitionem musculus momento iterum detumescat, nisi jugiter novæ instillentur guttulæ succi nervosi, quæ novam & novam pariendo ebullitionem musculum in continuâ inflatione conservent.

§. 7. Interim fieri nequit, quin in tantâ copiâ particularum succi nervosi aliquæ dentur fortioribus spiculis præditæ, quæ etiam majusculos quosdam particularum sanguinearum meatus perfringere valent, ex quibus inter ebulliendum aliquid crassi aëris erumpit, qui cùm poros musculi & cutis apertos penetrare non possit, plurimis in locis sacculos efformat in quibus colligitur & subsistit, hinc proveniunt istæ vesiculæ aëre plenæ pisi quandoque magnitudinem adæquantes quæ sub cute & in interstitiis fasciculorum muscu-

larium

larium ſparſim conſpiciuntur : Ab hoc præcipuam cauſam hydropis ſiccæ vel tympanitis dependere auguror, cùm ſcilicet ſuccus ſpirituoſus nimiâ acredine peccat, ut ab illo ingens copia pororum ampliorum ſanguinis quibus ineſt aër craſſior recludatur, aër iſte craſſus qui tam ubertim advenit ſeque dilatat & ob tubulorum cutaneorum anguſtiam intra manere cogitur, præcipuas quas reperit corporis cavitates præſertim abdominis mole ſuâ occupat & ibi tenſionem dolorificam cauſatur.

§. 8. Quemadmodum ex auctâ acredine ſpirituum animalium quæ vehementiorem quam par eſt excitat in muſculis ebullitionem, oriri poſſe diximus tympanitem, quod forſan nemo ante nos animadvertit, ita è contrario nimia mollities ſpiculorum ſpirituum animalium ob quam effervefcentia in muſculis diminuitur vel planè aboletur paralyſin cauſatur : Popularis hucuſque fuit error inter Medicos, cùm creditum fuerit paralyſin unicè provenire à præpedito ſpirituum animalium influxu, quod tamen interdum minimè verum eſt, uti ex hoc ſolo patet quòd utplurimum in paralyſi ſenſus non debilitatur quod tamen ſemper fieri deberet ſi illa à ſolo ſpirituum influxu denegato dependeret; nam ſi nervi ex gr. obſtructione laborant evidens eſt non ſolùm ſpiritibus advenientibus ſed etiam remeantibus qui nempe ſenſationes in cerebro cauſantur viam præcludi; & ſic ſenſus ſi non omnino aboleretur ſaltem magna ex parte imminueretur. Genuina itaque cauſa paralyſeos aliquando poteſt eſſe diminuta vel abolita effervefcentia in muſculis, quod accidit, quando aut ſuccus ſpirituoſus nervorum quantâcunque etiam quantitate influat vim ſuam pungitivam amittit, aut particulæ ſanguineæ nimis dureſcunt ut ab acuminibus ſucci nervoſi diffringi non poſſint,

§. 9, Ex hac hypotheſi facilè etiam eſſet explicare cætera motuum muſculorum ſymptomata, ùt motus ſpaſmodicos ſeu convulſivos, rigorem & tremorem membrorum, oſcitationem & pandiculationem, & quæ ſunt alia; ſed hoc eſt extra noſtrum propoſitum, quod imprimis eò

collimat ut phænomena naturalia motûs animalis accuratiùs perscrutemur. Jam supra (ut in orbitam revertamur) annotavimus, fibras motrices musculorum colligari per transversum ab aliis fibrillis, ita ut quælibet fibra muscularis (quæ sine his fibrillis cylindrulum excavatum repræsentat) in totidem spatiola dividatur, quorum tamen cavitates communicationem habent per totam longitudinem fibræ motricis ob laxam ligaturam fibrillarum transversalium; quodlibet spatiolum vel internodium ex calculo Borelli adæquat vigesimam partem unius digiti: quando musculus inflatur, singula spatiola in latitudinem explicantur & replentur aurâ illâ elasticâ de qua supra §. 5. Oppidò nunc liquet spatiola ista repleta non posse acquirere figuram rhomboidalem ùt supponit Borellus, secus enim unica tantùm requireretur particula quæ instar cunei sese insinuaret intra latera unius spatioli, ut diducendo simpliciter latera rhombulum efformaret; sed præter hoc quòd inflatio non peragitur per modum incuneationis, siquidem durante ebullitione juxta ipsum Borellum particulæ non in lineâ rectâ ùt actio cunei postulat sed sphæricè moventur; insuper etiam spatiolum cujus longitudo æqualis est vigesimæ parti digiti ideoque satis sensibilis infinities quasi majus est unicâ particulâ auræ elasticæ, quæ ut supra diximus non solum imperceptibilis & aëre communi multo subtilior est sed etiam exilissimos poros corporis apertos penetrat; unde colligitur quodvis spatiolum vel si secundùm Borellum loqui velimus quamvis machinulam distendi non ab unâ solâ tanquam à cuneo sed simul ab infinitis particulis elasticis, quæ omnes æquali vi in parietes machinularum agunt, & proinde ipsis figuram non rhomboidalem sed aliam curvilineam conciliabunt, quam nunc indagabimus.

Lib. de mot. anim. prop. 105. part. I.

§. 10. Qui solis rationibus & conjecturis physicis acquiescunt naturamque pressionis fluidorum vel tantillum perspectam habent, absque calculo videbunt figuram hanc aliam non esse quàm circularem; cùm enim natura fluidorum sit premere ubique secundùm perpendicularem ad curvam cui insistunt, (observante hoc & ad indaginem Cur-

vaturæ

vaturæ veli primùm applicante Fratre) cumque aëris elastici pressio undiquaque sit æqualis, & proinde fibra muscularis machinulæ quæ perfectè flexilis supponitur ubique æqualibus viribus extrorsum pellatur; statim apparet curvedinem fibræ ubique æquabilem fore & proin circularem; nulla enim ratio est cur unum curvæ punctum magis minusve à centro distare debeat quam alterum. Cui autem hæc minus satisfaciunt, examinet nostrum calculum Geometricum per quem in eandem curvam incidimus, & qui ratiocinium nostrum physicum, cujus beneficio per transennam quasi curvæ speciem prævidimus, mirificè confirmabit: eum igitur hîc apponimus:

Sit ABC fibra vel si mavis filum perfectè flexile in extremitatibus A & C affixum, quod in omnibus suis punctis B trahitur vel pellitur perpendiculariter ad suam curvaturam potentiâ æquali & indefinitè parvâ, quæ hîc denotatur per lineolam BH; quæritur curvaturæ species. *Vid. Fig. I.* Esto abscissa AF ∞ x, ejus diff. Ff ∞ dx, applic. FB ∞ y, ejus diff. GB ∞ dy, curva AB ∞ s, ejus diff. Bb ∞ ds, BH (potentia pellens & multiplex ipsius Bb) ∞ nds. Quia nunc quælibet potentia pellens BH dividi potest in duas laterales horizontalem BE & verticalem BD, quæ rectangulum DE constituunt, cujus diagonius est ipsa BH: erunt ob similitudinem triangulorum BGb & BDH, BE ∞ ndy & BD ∞ ndx. Quoniam autem potentia sustinens in A semper eadem & constans manet, ubicunque etiam filum præter in C figatur, ceu cuilibet attendenti patebit, ponatur illa ∞ a: sed ex mechanicis constat, eam tantam esse quanta foret, si loco fili curvi AB substituerentur duo alia recta tangentia & alligata in punctis A & B, quæ traherentur in puncto concursûs I à duabus potentiis L & K unâ horizontali LI & alterâ verticali KI, quarum illa omnibus potentiis horizontalibus BE, hæc autem omnibus verticalibus BD simul sumptis æquivaleret; verùm omnes BE æquantur integr. ndy quod est ∞ ny, & omnes BD ∞ integr. ndx quod est ∞ nx: ideoque potentia L ∞ ny, & potentia K ∞ nx; igitur ad inveniendam potentiam partialem in A, quæ nimirum requiritur ad sustinendam solummodo potentiam L faciendum est ceu docet D. Varignon in suâ *propositione*

 fun-

Projet d'une nouvelle mechanique.

fundamentali ponderum suspensorum, ùt sinus anguli AIB vel ejus complementi ad duos rectos KIB, ad sinum ang. MIB, id est ùt IM ad MG, seu ùt bG ad GB i.e. ùt dx ad dy ita potentia L seu ny ad potentiam partialem in A, quæ itaque invenitur $\infty \frac{nydy}{dx}$; quia nunc directio potentiæ K est ipsa tangens KI, sustinebitur hæc tota à puncto A; ideoque potentiæ partiali inventæ $\frac{nydy}{dx}$ addenda est potentia K seu nx, ad habendam potentiam totalem & constantem in A, quam posuimus ∞a; & sic eliciemus hanc æquationem differentialem $\frac{nydy}{dx} + nx \infty a$, quæ multiplicata per dx dat $nydy + nxdx \infty adx$, sumptisque integralibus habebitur $\frac{1}{2}nyy + \frac{1}{2}nxx \infty ax$ seu $yy + xx \infty \frac{2ax}{n}$; quæ æquatio ostendit curvam quæsitam ABC esse circularem, cujus radius vel semidiameter $\infty \frac{1}{n} a$. *Q. E. I.* ubi notandum potentiam sustinentem in B seu quod tantundem est vim firmitatis quæ requiritur ne filum rumpatur per prop. D. Varignonii supra dictam reperiri ubique æqualem potentiæ sustinenti in A. Si præterea velimus rationem invenire inter vires inflantes & vires sustinentes seu firmitatis fili requisitæ, id est si crescentibus vel decrescentibus n aut BH determinare libeat in qua ratione crescant vel decrescant potentiæ sustinentes in A vel B, manentibus interim radiis circulorum æqualibus, ponatur BH $\infty\ mds$ & potentia sustinens in A vel B $\infty\ b$, & habebitur hæc æquatio $yy + xx \infty \frac{2bx}{m}$, quia autem radii ponuntur æquales, erit $\frac{b}{m} \infty \frac{a}{n}$, ideoque $n.\ m :: a.\ b$, hoc est vires sustinentes vel firmitatis requisitæ sunt in ratione virium inflantium; id quod etiam Frater meus ita invenit, ùt videre licet in regulis quas publicavit pro determinatione curvaturæ veli.

Act. Lips. an. 1692. m. Majo.

§. II. Methodo qua usi sumus in hoc calculo fere tota nititur velariarum & catenariarum indago; si quis etenim ejus vestigia sequatur calculoque differentialium & integralium sit mediocriter versatus, facilè omnium, quæ passim in Actis Lipsiensibus & Diario Parisiensi, ac forte alibi

bi ſuper hac materia publicavimus & à Celeb. Viris Leibnitio & Hugenio publicata ſunt, penetrabit demonſtrationem, totumque deteget myſterium, quod inter plures quos novi etiam perſpicaciſſimos latebat Mathematicos, inque ſui admirationem rapiebat. Sed proſequamur propoſitum: Vidimus modò filum quod in omnibus ſuis punctis perpendiculariter tenditur à viribus æqualibus curvari in circulum, unde concludimus veſiculas vel machinulas fibrarum muſcularium quarum latera utique æqualiter & in omnibus ſuis punctis perpendiculariter premuntur ab aurâ elaſticâ non eſſe rhomboidales ſed circulares, ita ut ſi muſculus nullam appenſam reſiſtentiam ſuperandam haberet, machinulæ in perfectos & integros circellos expanderentur; ſed quia muſculus ſemper pondera & reſiſtentias ſi non forinſecus advenientes ſaltem ſui ipſius & oſſium ſubmovere debet, fit ut machinulæ non integram adipiſcantur figuram circularem, reſiſtentia enim impedit quo minus in longitudine ſe ſatis contrahere poſſint, non ſecus ac fieri ſolet cum iſtis ampullis, quas infantes ex loturâ ſaponis conficiunt, hæ enim ob aëris inflati elaſticitatem æquabilem in perfectam ſphæram intumeſcunt; ſed cùm quandoque guttula in fundo ampullæ adhæret, tunc ob gravitatem guttulæ ampulla tantillum elongatur & ex Sphæra mutatur in Sphæroidem ex circumvolutione ſegmenti circularis factam, pariter itaque machinulæ muſculares quas ùt planas conſideramus, habebunt figuram ex duobus ſegmentis æqualibus ejusdem circuli compoſitam, ut monſtrat *Fig. II* ex quibus pluribus in longitudine ſimiliter inſtar annulorum catenæ poſitis formatur fibra motrix (*vid. Fig. III.*) quarum aliquæ ſimul ſumptæ ſecundum longitudinem & parallelo ſitu juxta ſe coaptatæ conſtituunt faſciculum muſcularem, ceu oſtendit *Fig. IV.* ubi etiam conſpiciuntur fibræ tranſverſales, quæ ligaturas laxas efficiunt, ut materia inflans omnes machinulas ſimul & liberè penetrare poſſit.

Vid. Fig. II.

Vid. Fig. III.

Vid. Fig. IV.

§. 12. His ita ſe habentibus, ſupputare licebit rationem inter vim dilatantem & reſiſtentias, ſeu quanta requiratur elaſticitas auræ motivæ pro ſingulis ſublevationibus reſiſtentiarum ſemper æqualium; cujus rei gratia fere to-

tum opus Borellianum confectum est: Sit itaque machinula
Vid. Fig. V. muscularis BEAD composita ex duobus segmentis circularibus BDA & BEA; & C centrum arcûs AEB, ductisque radiis CA, CE ille ad extremitatem, hic per medietatem machinulæ, ita ut DE sit latitudo maxima, quam bifariam secat in R longitudo maxima AB seu chorda arcûs AEB vel ADB: quoniam nunc ang. EAC ∞ recto ∞ RAC + ACR, erit ang. EAR ∞ ACR, ideoque arcus AE est mensura anguli EAR, vel duplus BEA mensura dupli anguli EAD: Hinc datis semilongitudine lateris machinulæ id est arcûs AE in partibus æqualibus 100000 & semiangulo dilatationis EAR, inveniri potest sublevatio resistentiæ z quæ nempe est æqualis excessui quo arcus AEB superat suam chordam AB, vel duplo excessui quo arcus AE superat suum sinum rectum AR; quod ita peragitur: Fiat ut peripheria circuli ad radium i. e. ùt 44 ad 7 ita numerus graduum peripheriæ 360 ad quartum $57\frac{3}{11}$ qui erit æqualis longitudini radii in gradibus: facto nunc ùt numerus graduum ang. EAR vel arcûs EA ad $57\frac{3}{11}$ ita numerus partium æqualium 100000 longitudinis arcûs EA, ad quartum qui erit æqualis numero partium æqualium radii AC qualium arcus EA continet 100000; habebitur tandem longitudo ipsius AR, nimirum faciendo ùt sinus totus ad sinum ang. EAR vel arcûs EA, ita numerus inventus partium radii AC ad quartum qui erit æqualis numero partium æqualium ipsius AR, qualium arcus EA continet 100000; duplus itaque excessus arcus AE supra sinum AR inventum erit sublevatio resistentiæ z quæsita. *Q. E. I.*

§. 13. Postquam sublevationes hoc modo inventæ sunt, vires dilatatrices respectivas pro singulis illis ita determinabimus: supra §. 10. posuimus potentiam curvam in quolibet puncto vel potius in qualibet differentiali curvæ perpendiculariter prementem ∞ nds: vis itaque dilatans vel elasticitatis auræ motivæ absoluta, qua latera machinulæ dilatantur exprimitur per n, sed ibidem invenimus ponendo vim sustinentem vel firmitatis in quolibet fili puncto requisitæ ∞ a, radium arcûs circuli in quem filum incurvatur fore ∞ $\frac{1}{n}a$. Quia verò per citatam prop. D. Varignonii

nii resistentia z est ad vim sustinentem in B cujus utique directio est ipsa tangens BF ùt sinus anguli EBD ad sinum anguli EBR, erit $a \propto \frac{z M\, fin.\, EBR}{fin.\, EBD}$, & sic substituto in quantitate $\frac{1}{n}\, a$ loco a ejus valore, habebitur radius (per modum superiorem inventus, quem itaque vocemus r) $\propto \frac{z M\, fin.\, EBR}{n\, M\, fin.\, EBD}$, ideoque vis elasticitatis absoluta auræ motivæ $n \propto \frac{z M\, fin.\, EBR}{r M\, fin.\, EBD}$: & consequenter vis qua premitur semilatus machinulæ id est n AE erit $\propto \frac{100000\, z M\, fin.\, EBR}{r M\, fin.\, EBD}$. *Vid. Fig. V.*

§. 14. Calculi hujus beneficio constructa est præsens tabella ad imitationem illius quam Borellus pro suâ hypothesi confecit; quæ si conferatur cum nostrâ videbitur ingens discrimen tum quoad vires motivas tum quoad sublevationes; ubique enim eas aut justo majores aut justo minores facit. Cæterùm ex tabellâ colligimus, ab initio inflationis cùm angulus semidilatationis EAR valdè acutus est resistentiam permagnam habere rationem ad vim absolutam elasticitatis auræ motivæ, siquidem ang. EAR existente 30 min. resistentia erit ad vim elasticitatis ùt 22900090 ad 1. Unde satis colligere est quàm debili admodum ebullitione opus sit in musculis ad immensam imò incredibilem energiam musculorum efficiendam; potentia quippe quâ musculi vasta pondera sublevant longè major est quam gravitas ponderum, utpote quæ multo remotiora sunt ab hypomochlio quam musculorum insertio; Hoc itaque in passu natura non utitur instrumentis scilicet ossibus ad pondera facilitanda, ossa enim vices subeunt vectis inversi; in quo nempe pondera superanda ab articulatione tanquam à fulcro seu hypomochlio majorem, vis autem movens seu musculus minorem obtinet distantiam; Hinc si pondera musculis immediatè possent alligari, plusquam centies imò interdum millies majora elevarentur pondera, quam modo ordinario. *Lib. de mot. anim. prop. 99. p. 1.*

Hæc si bene perpendamus citra omnem hæsitationem conveniemus, minimam inflationem musculorum datam quamvis resistentiam superare, & proinde tenerrimum infantem quantamcunque molem elevare posse; sed quanto resi-

Poſitis Arcu EA, vel ãg. EAR, qui eſt ſemiſſ. EAD	Longitudine arcûs AE, & reſiſtentiâ z in part. æqu.	erit	Radius AC vel EC	Sinus rectus AR.	Sublevatio reſiſtentiæ.	Vis ſuſtinens ſeu requiſitæ firmitatis fibræ muſcularis.	Vis abſoluta elaſticitatis auræ motivæ quam proximè.	Vis elaſticitatis auræ motivæ qua premitur ſemilatus machinulæ AE.
gr.m								
0 0	100000		infinit.	100000	0	50000	0	0
0. 30	100000		11454546	99958	84	50002	$\frac{1}{229}$ pau.min.	435
1. 0	100000		5727273	99954	92	50007	$\frac{1}{114}$ p. m.	873
1. 30	100000		3818182	99948	104	50017	$\frac{1}{76}$ p. m.	1309
2. 0	100000		2863636	99939	122	50030	$\frac{1}{57}$ p. m.	1747
3. 0	100000		1909091	99914	162	50068	$\frac{1}{38}$ p. m.	2622
5. 0	100000		1145454	99832	336	50191	$\frac{1}{23}$ p. m.	4381
10. 0	100000		572727	99454	1192	50774	$\frac{1}{11}$ p. m.	8865
15. 0	100000		381818	98822	2356	51764	$\frac{1}{7}$ p. m.	13557
20. 0	100000		286363	97942	4116	53209	$\frac{1}{5}$ p. m.	18582
30. 0	100000		190909	95454	9092	57735	$\frac{1}{3}$ p. m.	30242
45. 0	100000		127272	89994	20012	70710	$\frac{1}{2}$ pau. pl.	57145
60. 0	100000		95454	82665	34670	100000	1 p. p.	104708
70. 0	100000		81818	76883	46234	146191	2 p. m.	178678
80. 0	100000		71590	70492	59016	287968	4 p. p	403785
85. 0	100000		67379	67122	65756	573709	9 p. m.	851465
90. 0	100000		63636	63636	72728	infinit.	infinit.	infinit.

reſiſtentia major eſt vi motivâ elaſticitatis tanto ſublevatio minus ſenſibilis evadit; ita ut vaſta pondera quibus elevandis vel amovendis vires noſtras impendimus, omnino quieſcere videantur quæ tamen revera è ſuo loco moventur. Hæc cùm ita ſint admiratio facilè ceſſabit, quam cauſari poteſt experimentum illud quod teſte Walliſio Oxoniæ & Londini inſtitutum fuerat cum inflatâ veſicâ bubulâ, mediante quâ flatus ſpiritûs humani per anguſtam fiſtulam ingredientis elevare notabiliter poterat pondus 50, 60, 70 aut etiam plurium librarum pro viribus pulmonum flantis, adde & pro anguſtiâ fiſtulæ. Experimentum hoc non ſolum facilius ex ſupra dictis explicari ſed etiam longè exa-

Mech. cap. 15. prop. 3.

ctius

ctius per principia nostra quæ & veram vesicæ figuram & aëris elaterium quod ipsi proprium est supponunt ad calculum potest revocari quàm fecit Wallisius, ut pote qui commodioris sed minus exacti calculi gratiâ genuinam figuram sphæroidalem vesicæ inflatæ ademit, in ejusque locum substituit rhombum solidum, planè ut fecit Borellus cum suis machinulis; præter hoc etiam aëris elaterium non consideravit, quod tamen unicè præstat dilatationis officium; hinc fieri nequit quin calculus Wallisianus à vero multum abludat adeoq; error satis fiat notabilis.

§. 15. Ex iis quæ supra §. 11. diximus & ex tabellâ nostrâ liquet machinulam vel vesiculam muscularem AEBD integram circularem figuram nunquam adipisci posse, quia nempe eo in casu vis absoluta elasticitatis infinities superare deberet resistentiam id quod impossibile est, dantur itaque certi limites ad quos contractio musculorum non pertingit; maxima enim machinulæ contractio seu resistentiæ sublevatio *ad quam non* est æqualis 72728 partibus earum qualium semilongitudo lateris continet 100000; ex quo clarum est quamvis machinulam in maximâ suâ distensione ad partem circiter sui tertiam non contrahi, id quod etiam de ipso musculo censendum, quia omnes machinulæ ex quibus constat similiter decurtantur contractio enim unius machinulæ est ad contractionem totius fibræ muscularis, ut longitudo illius ad longitudinem hujus. *Vid. Fig. V.*

§. 16. Ut speculationem nostram ulterius extendamus, considerandæ nobis veniunt ipsę quãtitates spirituum animalium vel succi nervosi, quæ manente sublevatione resistentiarum semper eâdem pro singulis resistentiis impenduntur: circa finem §. 10. ostendimus vires instantes id est vires absolutas elasticitatum auræ motivæ in æqualibus circulis esse viribus sustinentibus proportionales; quoniam autem manente sublevatione resistentiæ vel angulo EBD semper eodem vires sustinentes (ceu patet ex prop. Dn. Varignonii) sunt in ratione resistentiarum z, oportet ut etiam resistentiæ elasticitatibus sint proportionales; sed pro concesso assumimus quantitates auræ motivæ id est densitates ejusdem voluminis auræ motivæ & quantitates spirituum animalium vel succi nervosi eandem semper servare rationem; hoc est duplam, triplam, quadruplam copiam succi spirituosi excitare duplo, triplo, quadruplo densiorem auram motivam. Si nunc supponeremus Boylæi principium, *densitates elasticitatibus esse proportionales* quod in aëre communi sensibiliter verum est, res foret expedita, nimirum quia quantitates spirituum animalium densitatibus auræ motivæ, & densitates elasticitatibus, elasticitates verò resistentiis proportionantur,

 essent

essent etiam quantitates spirituum animalium cum resistentiis in eadem ratione; hoc est sustinendo pondus 100 librarum in eadem altitudine & per idem temporis spatium duplo major copia spirituum animalium absumeretur quam sustinendo pondus 50 librarum; & sic in aliis.

§. 17. Deprehenditur autem si principium Boylæi accuratè per experientiam examinatur, densitates elasticitatibus non omnino esse proportionales: differentia quidem exigua est & fere imperceptibilis si experimentum instituitur cum aëre parum denso, sed sensibilis evadit cum aëre valde condensato, tunc enim elasticitates in majori ratione crescunt quàm densitates: nobis itaque incumbit indagare crescentibus densitatibus quomodo crescant elasticitates; in hunc finem in dato volumine a concipio particulas aëris vel auræ elasticæ occupare spatium b, & materiam subtilem residuum voluminis spatium $a-b$; nunc in æquali volumine a aliam quantitatem auræ elasticæ c concipio, ita ut reliquum spatium materię subtilis sit $a-c$; ideóque ceu fluit ex iis, quę demõstravit Frater elasticitas aëris primi voluminis est ad elasticitatem secundi in ratione compositâ ex reciprocâ spatiorum à materiâ subtili occupatorum & directâ aëreorum, nempe ùt $ab-bc$ ad $ac-bc$; sed densitas primi est ad densitatem secundi in ratione directâ spatiorum aëreorum, nempe ùt b ad c; si itaque construatur curva ACD ad axem AF, ejus naturæ ut sumptâ in axe AB ∞ a, & ductis applicatis DF, CE, rectangulum sub BE & AF sit ad rectangulum sub BF & AE ùt DF ad CE, sumanturque abscissæ AE, AF pro densitatibus aëris in volumine per constantem lineam AB designato contenti, eruntapplicatæ DF, CE ejusdem elasticitates. Si more algebraïco quæratur æquatio naturam curvæ ACD exprimens, invenietur positis constante AB, a; & alia ad libitum assumpta BF, f; DF, g; abscissâ AE, x; & applicatâ EC, y; hæc æquatio fgx ∞ $aay-afy-axy+fxy$, quæ indicat curvam quæsitam esse hyperbolam, & applicatam BG in B fore infinitam adeoque asymptoton hyperbolæ; cujus centrum habetur producendo asymptoton GB in R ita ut BR sit quarta proportionalis ad AF, FD & BF; semiaxis transversus est æqualis mediæ proportionali inter BR & duplam AB.

Differt. de gravit. ætheris p. 97. & seqq.

Vid. Fig. VI.

§. 18. Ex his perspicuum est elasticitates præsertim in aëre multum condensato in longè majori ratione crescere quam ipsæ densitates; elasticitas etenim tandem abit in infinitum, quando densitas suum quidem maximum sed nonnisi finitum gradum attingit. Hæc ut ad rem ipsam nunc applicemus: supra §. 16. supposuimus densitates auræ motivæ ejusdem voluminis quantitatibus spirituum animalium

im-

impensorum qui illam effervescendo cum sanguine produxerunt esse proportionales; ibidem verò demonstravimus elasticitates proportionari resistentiis; ex quo igitur colligendum ipsam etiam hyperbolam ACD determinare relationem resistentiarum ad quantitates spirituum absumptorum, id est, si CE, DF denotent resistentias, denotabunt AE, AF quantitates spirituum absumptorum. Sit jam volumen machinulæ muscularis vel quod etiam valet omnium musculi machinularum simul sumptarum, quod exprimitur per AB, 10 partium, BF seu $f \infty 1$; FD seu $g \infty 100000$; si nunc quantitas spirituum, i. e. AE seu x sit partium

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

per æquationem curvæ reperietur CE seu y i. e. pondus elevandum partium.

1234. 2778. 4762. 7407. 11111. 16666. 25926. 44444. 100000. infinit

Hinc ni fallor ratio petenda est ejus quod indies experimur & etiam miramur, cur nempe magna pondera (ea saltem quæ viribus nostris proportionata sunt) non multo majori difficultate eleventur ad eandem puta altitudinem quàm verò exigua. Omnis enim difficultas in motionibus animalibus peragendis unicè ut credo provenit à dispendio spirituum animalium; verùm spiritus in longè minori ratione absumuntur quàm sunt pondera elevanda; ita ut si ex. gr. elevandum sit pondus duplum non ideo etiam requirantur duplo plures spiritus animales, ceu satis clarum est ex laterculo isto, ubi reperitur quòd ope quantitatis spirituum animalium quæ sit ùt 8 elevetur pondus quadruplo majus, quàm aliâ quantitate quæ sit ùt 5, licèt jactura spirituum illo in casu ne quidem duplo major sit quàm jactura in hoc, ut pote quæ se habent ùt 8 & 5; in hac igitur ratione etiam se habebunt difficultates, quæ sentiuntur in attollendis istis ponderibus.

§. 19. Utilis heic non minus qum curiosa incidit speculatio, nimirum quâ ratione æstimandi sint lassitudinũ & roboris gradus: suppono æqualia dispendia spirituum æquales lassitudines inducere, hoc est lassitudines sese habere ut copiæ spirituum absumptorum; suppono itidem in sustinendo uno eodemq; pondere & quidẽ semper in eadem altitudine temporibus æqualibus deperditũ iri copias spirituũ æquales; hoc facilè probabitur, cùm enim hoc modo musculus sit in cõtinuâ tensione oportet ut ad conservandam ejus inflationẽ quovis momento suggeratur nova & æqualis succi spirituosi quantitas, secus enim æquabilis ebullitio, quæ utique ad æqualem inflationem musculi conservandam necessaria est, non efficeretur; hæc ergo stillicidia succi nervosi quæ

æqua-

æquabili fluxu exprimuntur consument spiritus animales in ratione temporum, & proinde facient ut in portando onere vel sustinendo pondere lassitudines inductæ se habeant in ratione temporum; sed si pondera sint inæqualia & diversis temporibus ab eodem musculo in eadem altitudine sustinenda, erunt lassitudines in ratione compositâ ex ratione temporum & ex ratione correspondentium quantitatum spirituum animalium uno momento absumptorum, quæ haberi possunt ex præcedenti tabellâ vel meliùs ex ipsâ æquatione ad hyperbolá.

§. 20. Simili modo etiam gradus roboris determinare possemus; non enim opus est, ut unus homo duplo majori copia spirituum polleat ùt sit duplo robustior quàm alius; posito namque duos istos homines æqualis esse corporis staturæ, id est, habere omnes suos musculos respectivè similes & æquales, communiter dicere solemus alterum altero duplo, triplo robustiorem esse, cum duplo, triplo majus onus ad æqualem altitudinem elevare potis est, verùm ut jam satis ostendimus onera vel pondera non sunt in ratione qnantitatum spirituum absumptorum, sed in multo majori; ideoque nonnunquam sufficit ut quis vel tantillo plures spiritus animales suppeditare possit quam alius ad duplam vel majorem vim exercendam. Sed quia tempus me deficit & alia aliò me vocant negotia, hæc quæ raptim scripsi fusiùs tractare non licet; id unicum monitum volo, cùm hîc generalem musculorum œconomiam illorumque motionum explicationem tradere animus fuerit, me primariò attendisse ad eos musculos; quæ motui corporis locali seu externo inserviunt: Hoc igitur Lectorem non offendet, quòd musculos in genere ex fibris rectis & parallelis constare diximus; pauci enim qui hac structurâ ad sensum non gaudent quales sunt illi quos Borellus radiosos vocat, quoniam eorum fibræ instar radiorũ convergere videntur, nihilo secius fibras suas fasciculis inclusas æquidistantes habent, ùt ostendit Borellus. Reliqui autẽ musculi ùt diaphragmatis, cordis, sphincterum aliorumq; quorum fibræ vel obliquo vel spirali vel circulari semper tamen parallelo tractu procedunt, sicuti peculiari modo fabricati sunt ita etiam suas peculiares obeunt functiones, quæ verò cum aliis in eo conveniunt quòd omnes omnino musculorum operationes à machinularum quibus constant inflatione dependeant; sicut in totâ humani corporis machinâ, ne minima quidem reperiatur particula in motu constituta, quæ non moveatur vel immediatè ab ipsâ animâ imperante vel à musculis, quorum nullus est qui leges mechanicas quas hîc explicuimus non strictè & continuo observet, usque dum vitæ necisque Arbiter mirabilem corporis & animæ nexum dissolvens universo machinæ motui imposuerit

Lib. de mot. anim. prop. 80. part. I.

FINEM.